

АНАЛИЗ АРХИВА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ LANDSAT НА ТЕРРИТОРИИ ГОРЕЦКОГО РАЙОНА ЗА 1984–2018 ГОДЫ

П. В. ДРУГАКОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: pudru@mail.ru

(Поступила в редакцию 17.04.2019)

Выполнен анализ снимков Landsat из архива сайта геологической службы США (USGS) на территорию Горецкого района Могилевской области. Для анализа использовались снимки с уровнем обработки L1. Определено общее количество снимков с 1973 года. Определено количество снимков, пригодных для работы по анализу посевов сельскохозяйственных культур по годам и по месяцам с 1984 по 2019 год. Установлено что только каждый третий–четвертый снимок обладает низкой облачностью и может использоваться для решения практических задач.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, Landsat, USGS, облачность.

An analysis of Landsat images from the archive of the US Geological Survey (USGS) site on the territory of the Gorki district of Mogilev region was performed. For analysis, images with a processing level of L1 were used. The total number of shots since 1973 has been determined. The number of images suitable for work on the analysis of crops was determined by year and by month from 1984 to 2019. It was found that only every third to fourth picture has low cloud cover and can be used to solve practical problems.

Key words: remote sensing, Landsat, USGS, cloud cover.

Введение

Геоинформационное обеспечение процессов сельскохозяйственного производства на основе использования систем точного земледелия требует большого количества регулярно обновляемых данных ДЗЗ. Эти данные должны обладать достаточным пространственным разрешением, небольшими интервалами между съемками и иметь каналы в диапазонах, пригодных для изучения состояния почвы и биомассы (напрямую или с помощью различных вегетационных индексов) [1]. Возможность оперативного получения снимков ДЗЗ зависит от ряда обстоятельств: финансирование работ, погодные условия и требует исследования.

Основная часть

Получение данных ДЗЗ возможно из источников со свободным доступом или на коммерческой основе. При ограниченности финансирования естественным является использовать открытые источники. Одним из таких источников является сайт геологической службы США (USGS). На сайте представлены данные, полученные с различных спутников дистанционного зондирования. Для скачивания доступны снимки с уровнем обработки L1 (L1TP, L1GT, L1GS) [2] с выполненным устранением искажений сенсора и геометрической коррекцией искажений перспективы и неровностей рельефа. По запросу можно получить снимки уровня L2 в виде альбеда земной поверхности с коррекцией на угол солнца и влияние атмосферы. Следует отметить, что снимки уровня L2 могут быть самостоятельно рассчитаны по формулам на основе метаданных из снимков и с применением любого подходящего алгоритма атмосферной коррекции [3]. Серия спутников дистанционного зондирования Landsat является наиболее продолжительным проектом изучения поверхности Земли. К результатам съемки с уровнем обработки L1 предоставлен открытый доступ. Всего с 1972 года было запущено 8 спутников. Сроки их эксплуатации отражены на рис. 1.

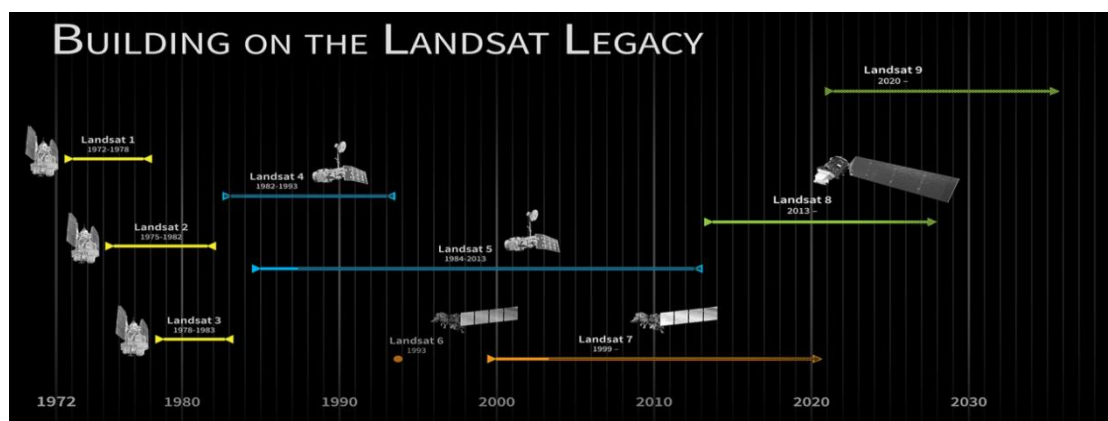


Рис. 1. Сроки функционирования спутников Landsat [4]

Как видно и рисунка, за исключением периодов 1972–1975 года, 1983–1984, 1993–1999 постоянно эксплуатировалось по два спутника.

За время осуществления программы дистанционного зондирования Земли спутниками Landsat поводилось совершенствование аппаратной и программной части. Первые три спутника серии обладали мультиспектральным сканером (MSS) с наземным разрешением 60 метров на пиксель. Запущенные в 1982 и 1984 году спутники Landsat 4 и Landsat 5 поддерживали работу двух сканеров: традиционного MSS и нового для тематического картографирования TM. Обновление инструментов включало также улучшение наземного разрешения (30 метров) и появление 3 новых спектральных каналов. Возможность выполнения съемки в панхроматическом диапазоне с наземным разрешением 15 м была заложена у спутника Landsat 6, но он был сразу же утрачен после запуска в 1993 году. Его приемником стал спутник Landsat 7, который был введен в эксплуатацию в апреле 1999 года. Он обладает усовершенствованным сканером тематического картографирования ETM+. В мае 2003 произошел сбой модуля коррекции изображений Scan Line Corrector (SLC). С сентября 2003 спутник используется в режиме без коррекции линий сканирования, что сократило количество получаемой информации до 75 % от изначальной [5]. Сейчас наиболее актуальные данные получают со спутника Landsat 8. Этот спутник представляет собой дальнейшее развитие средств тематического картографирования. В данном спутнике применены новые сканеры тематического картографирования OLI и теплового – TIRS. Число тепловых каналов было увеличено до двух, также было увеличено количество полутонов в кодированном изображении. С конца 2020 года планируется ввести в эксплуатацию спутник Landsat 9, имеющий основные технические параметры близкие с Landsat 8. Основные характеристики сканеров, применяемых на спутниках Landsat, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики спутников Landsat

Название спектрального канала и длины волн ¹ , мкм	Спутник (используемый сенсор)							
	Landsat 8–9 (OLI, OLI2, TIRS, TIRS2)		Landsat 7 (ETM+)		Landsat 4–5 (TM)		Landsat 1–3 (MSS)	
	номер канала	разрешение, м	номер канала	разрешение, м	номер канала	разрешение, м	номер канала	разрешение, м
Побережья и аэрозоли (Coastal / Aerosol, New Deep Blue), 0,433–0,453	1	30						
Синий (Blue), 0,450–0,515	2	30	1	30	1	30		
Зелёный (Green), 0,525–0,600	3	30	2	30	2	30	4	60
Красный (Red), 0,630–0,680	4	30	3	30	3	30	5	60
Ближний ИК (Near Infrared, NIR) 0,845–0,885	5	30	4	30	4	30	6	60
Ближний ИК (Near Infrared, NIR2) ²							7	60
Ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 2), 1,560–1,660	6	30	5	30	5	30		
Ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 3), 2,100–2,300	7	30	7	30	7	30		
Панхроматический (Panchromatic, PAN), 0,500–0,680 ³	8	15	8	15				
Перистые облака (Cirrus, SWIR), 1,360–1,390	9	30						
Дальний ИК (Long Wavelength Infrared, TIR1), 10,30–11,30 ⁴	10	100	6	60	6	120		
Дальний ИК (Long Wavelength Infrared, TIR2), 11,50–12,50	11	100						

Примечание. 1. Длины волн спектральных каналов приведены для спутника Landsat 8, у остальных спутников они в большинстве случаев практически совпадают. 2. Второй канал ближнего ИК-диапазона был только у спутников Landsat 1–3 и имел длину волны 0,8–1,1 мкм. 3. Спутник Landsat 7 имеет панхроматический канал с расширенным диапазоном длин волн 0,52 – 0,90 мкм. 4. Спутники Landsat 5–7 имели только один только один тепловой канал (дальний канал ИК) с длиной волны 10,4–12,3 мкм.

Спутники Landsat 1–3 имели период между съемками 18 дней, а спутники Landsat 4–8 – 16 дней. Размер снимка соответствует участку на поверхности Земли около 185x185 км. На каждом снимке может быть отображено 10–15 административных районов. Практическое применение данных дистанционного зондирования связано с решением конкретной задачи в границах сельскохозяйственного предприятия, административного района или области. И чем крупнее объект исследования, тем труднее подобрать подходящие снимки. Это связано с тем, что на значительной части снимков имеются облака. Информация об облачности может приводиться в описании снимков. Но при средней облачности по снимку 30 %, одни районы могут быть чистыми от облаков, а другие полностью покрыты ими. В практических исследованиях интерес представляет только облачность пределах конкретного объекта, а не всего снимка. По этой причине исследование выполнено только на части каждого снимка, относящейся к землям Горьковского района.

Первый снимок Landsat на территорию Горьковского района был сделан 18 августа 1973 года. До конца 2018 года всего было получено 1517 снимков, на каждом из которых изображено не менее 50 % территории района. Для практической работы пригодны снимки с полным отсутствием облаков

на интересующую территорию или если облачность не превышает 10 %. Распределение фонда доступных снимков по годам представлено на рис. 2.

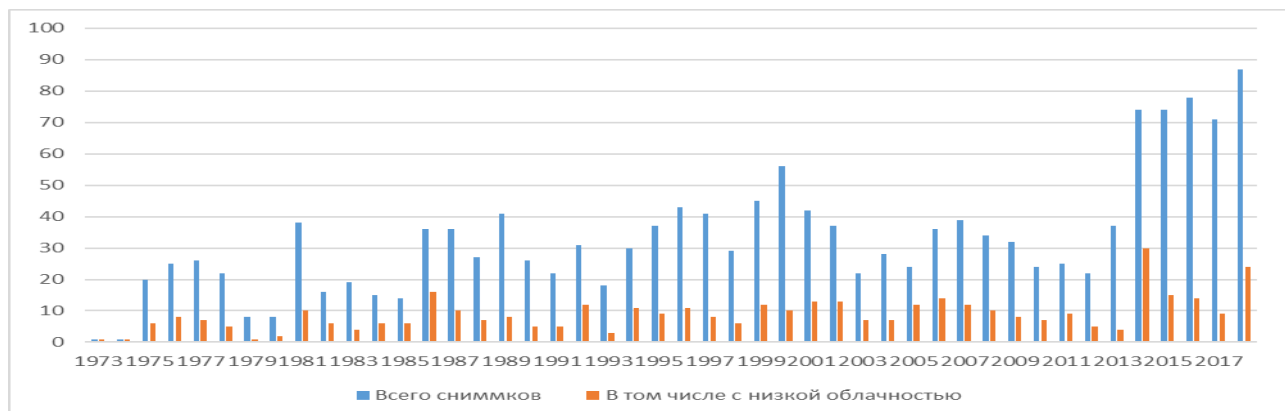


Рис. 2. Распределение доступных снимков и снимков с низкой облачностью с 1973 по 2018 годы

Из графика видны основные минимумы и максимумы распределения снимков. Максимальное количество – 87 снимков приходится на 2018 год. Минимальное на 1973–1974 годы, когда система еще только вводилась в эксплуатацию. Также можно выделить локальные минимумы: 1979–1980 годов – по 8 снимков, 1985 – 15 снимков, 1993 – 18 снимков, 2003 – 22 снимка и 2012 – 22 снимка. Сокращение числа доступных снимков совпадает с выводом из эксплуатации отработавших срок спутников или авариями при их эксплуатации. Например, в начале XXI века дважды наблюдалась тенденция резкого сокращения доступных снимков на территорию района. В первый раз с 2000 по 2003 число доступных снимков сократилось с 56 до 22. Во второй раз с 2007 по 2011 г. с 39 до 22. Минимум 2003 года, вероятно, связан со сбоем системы корректировки изображений спутника Landsat 7. А минимум, приходящийся на 2012 г., связан прекращением работы спутника Landsat 5 и окончательным выводом его эксплуатации к 2013 году.

По графику можно выделить 3 основных периода по доступности снимков. Первый период (1973–1983) совпадает со временем эксплуатации спутников Landsat 1-3. Среднегодовое количество доступных снимков составило 17 снимков. Второй период почти полностью совпадает со временем эксплуатации спутника Landsat 5 (1984–2013). В этот период в среднем за год были доступны 32 снимка. Третий период совпадает с началом активной эксплуатации спутника Landsat 8, и с 2014 года происходит резкое увеличение среднего числа доступных снимков до 77.

Учитывая, что снимки, выполненные первыми тремя спутниками серии Landsat, обладают худшей информативностью, чем полученные со спутников Landsat 4-8, они были исключены из дальнейшего анализа. Из оставшихся снимков были сформированы две группы исходя из средней численности доступных снимков за рассматриваемый период: 1984–2013 годы и 2014–2018 годы.

Для каждой группы было определено среднеемесячное число доступных снимков и число снимков с низкой облачностью. Также была определена облачность каждого снимка на территорию района и вычислено среднеемесячное значение. Значение облачности показывает, с какой вероятностью интересующий участок земной поверхности будет скрыт облаками. Результаты анализа снимков представлены в табл. 2.

Таблица 2. Анализ снимков Landsat на Горецкий район

Месяц	Среднемесячное количество снимков, шт.				Облачность, %	
	Всего		В т.ч. с низкой облачностью		1984–2013 гг.	
	1984–2013 гг.	2014–2018 гг.	1984–2013 гг.	2014–2018 гг.	1984–2013 гг.	2014–2018 гг.
Январь	1,3	3	0,1	0,6	78	67
Февраль	1,7	5,6	0,5	1,4	62	76
Март	2,3	5,8	0,8	1,6	50	57
Апрель	2,9	6,8	1,1	2,4	47	48
Май	3,3	7,6	1,1	1,8	49	54
Июнь	3,3	7,6	0,8	1,8	45	50
Июль	3,6	8	1,1	2,4	39	51
Август	3,7	8	1,2	2,4	49	48
Сентябрь	3,6	7,6	0,8	1,2	62	63
Октябрь	2,7	7,8	0,7	2,4	68	64
Ноябрь	1,8	6	0,3	0,4	75	89
Декабрь	1,4	3	0,2	0	80	99
Среднее за год	2,6	6,4	0,7	1,5	55	61
Среднее за вегетационный период	3,3	7,6	1,0	2,1	51	54

На основе данных табл. 2 можно отметить, что в связи с вводом в эксплуатацию спутника Landsat 8, общее количество доступных снимков и количество снимков с низкой облачностью практически удвоилось. В 1984–2013 годах среднемесячное значение снимков составляло 2,6 снимка, а низкой облачностью обладали только 0,7 снимка. В период 2014–2018 годов эти показатели составили соответственно 6,4 и 1,5 снимка. Наибольший интерес представляют снимки, полученные во время вегетационного периода, так как их можно использовать для анализа состояния посевов. В 1984–2013 годах в среднем за месяц вегетационного периода было доступно 3,3 снимка, из которых только 1 снимок с низкой облачностью. В 2014–2018 показатели составили 7,6 и 2,1 снимка. Необходимо отметить, что максимум наличия снимков с низкой облачностью наблюдается в апреле и августе. Показатели облачности снимков за 2 рассматриваемых периода в целом неплохо согласовываются. По снимкам 1984–2013 года минимум облачности приходится на июль – 39 %, а для более короткого периода (2014–2018) выявлены 2 экстремума: апрель и август.

Учитывая, что наибольшей информативностью обладают данные полученные со спутника Landsat 8, на диаграмме (рис. 3) представлены значения рассматриваемых показателей для данного спутника и в целом за 2014–2018 г. Из приведенной диаграммы (рис. 3) следует, что спутник Landsat 8 обеспечивает основную долю доступных снимков и снимков с низкой облачностью.

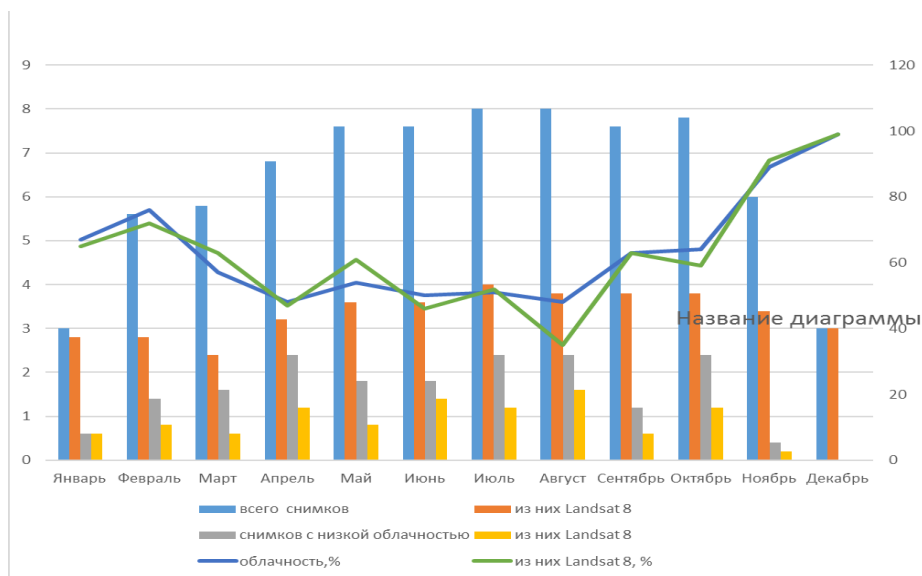


Рис. 3. Средние значения показателей по месяцам за 2014–2018 годы

Заключение

На основе данных за 35 лет можно отметить, что только каждый третий–четвертый снимок Landsat, полученный за вегетационный период, имеет низкую облачность и его можно использовать при решении задач слежения за состоянием посевов сельскохозяйственных культур. При этом особую ценность представляют снимки конца мая–начала июня. По таким снимкам лучше дешифрируются виды сельскохозяйственных культур [6]. Также для этих снимков наблюдается наиболее высокая связь между урожайностью зерновых культур и коэффициентом NDVI [7]. На май приходится один из минимумов снимков с низкой облачностью. Возможны случаи полного отсутствия снимков в определенные месяцы вегетационного периода. В 2017 году за вегетационный период было получено только девять снимков с низкой облачностью, из которых: четыре в апреле–начале мая, по два в сентябре и в августе, один в июле. В июне не было ни одного пригодного для выполнения работ снимка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родин, И. Е. Сбор и подготовка данных дистанционного зондирования Земли из открытых источников в целях информационного обеспечения систем точного земледелия / Е. В. Родин // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы II Всерос. науч. конф. с международным участием: Санкт-Петербург, 26–28 сентября 2018 г. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2018. С. 183–189.
2. Product description [электронный ресурс] Режим доступа: http://edcns17.cr.usgs.gov/helpdocs/landsat/product_descriptions.html.
3. Young N. E., Anderson R. S., Chignell S. M., Vorster A. G., Lawrence R., Evangelista P. H. A survival guide to Landsat preprocessing. Ecology. 98 4 (2017). p. 920–932.
4. Landsat 9 [электронный ресурс] Режим доступа: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-9/>.

5. Оптико-электронные спутники. [электронный ресурс]. Космическая съемка. Новости и спутниках. – электрон. дан. – М., 2004. Режим доступа: <http://www.sovzond.ru/products/spatial-data/satellites/#optic>.
6. Казяк, Е. В. Спектральные преобразования космических снимков Landsat 8 для картографирования растительности экосистем / Е. В. Казяк, А. В. Лещенко // Интерэкспо Гео Сибирь. – 2015. – Том 4, № 1. – С. 79–83.
7. Береза, О. В. О возможности прогнозирования урожайности озимой пшеницы в Среднем Поволжье на основе комплексирования наземных и спутниковых данных / О. В. Береза, А. И. Страшная, Е. А. Лупян // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. № 1. – С. 18–30.